

# Bienvenue au webinaire

## La séquestration de carbone sur son territoire : comment faire ?

le 22 septembre 2020

ORECA EST PILOTÉ PAR

AVEC LE  
SOUTIEN  
DU FEDER

COORDONNÉ PAR ALTERRE  
EN PARTENARIAT AVEC ATMO  
BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

ORECA S'APPUIE  
SUR LA PLATEFORME  
OPTEER

AVEC LE  
PARTENARIAT  
SCIENTIFIQUE DE

# Déroulé

---

## Introduction

Pascale Repellin, Alterre Bourgogne-Franche-Comté

### 1. Comprendre comment atténuer le changement climatique via la séquestration du carbone

David Michelin, Alterre Bourgogne-Franche-Comté

### 2. Séquestration du carbone et forêts

Sylvain Laplace, chargé de mission développement forestier, Communes forestières de Bourgogne-Franche-Comté

### 3. Comprendre en quoi les agroécosystèmes du territoire peuvent contribuer au stockage du carbone

Catherine Hénault, directrice de Recherches INRAE – UMR AgroÉcologie

### 4. Pratiques favorables à la séquestration de carbone en milieux humides

Daniel Gilbert, professeur en écologie, UMR Chrono-Environnement, Université de Franche-Comté

# David Michelin

Coordinateur pôle appui à la transition

Référent biodiversité

Alterre Bourgogne-Franche-Comté

▲ Comprendre ce qu'est la séquestration carbone  
par les socio-écosystèmes et les enjeux pour les territoires

webinaire du 22 septembre 2020



# Le changement climatique : Des nouvelles pas fraîches !

---



**+ 1,1 °C** entre 1850 (période préindustrielle) et 2017

Au rythme actuel, le **seuil de 1,5 °C** de réchauffement devrait être atteint dès **2040** (GIEC, 2014)

**Projections** (chiffre 2019) : **+ 6 à 7 °C en 2100 !**



**+ 1,1 °C depuis 1988** avec peu d'évolution des pluies mais moins d'eau disponible dans les territoires à cause de l'évapotranspiration favorisée par la hausse des températures (CRC, 2012)

**Projections** (chiffres 2012) : **+ 4 °C en 2100**

⇒ jusqu'à **150 jours de canicule à partir de 2080**

⇒ Diminution des débits des cours d'eau, sécheresse, incendies...

# Que faire ?

## Atténuer pour éviter l'ingérable...

...en plus de s'adapter pour gérer l'inévitable !

**Objectif :** Diviser par 6 à 8 les émissions nettes de GES par rapport à 1990 pour atteindre la neutralité carbone en 2050 et tenir +1,5°C (Accord de Paris & SNBC)

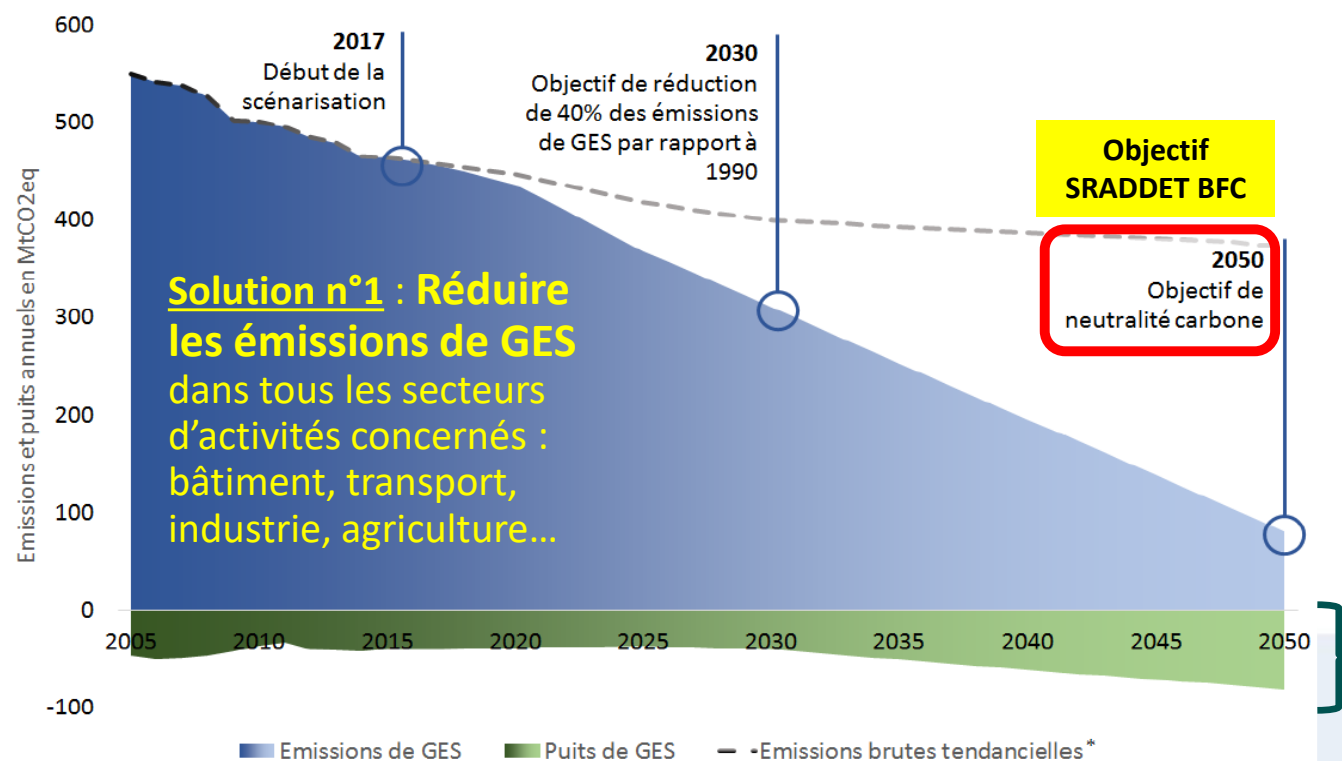
En 2016, les émissions de GES, hors UTCATF, représentent :



458 Mt CO<sub>2</sub> éq  
en France



24,5 Mt CO<sub>2</sub> éq  
en BFC



Évolution des émissions et des puits de GES sur le territoire national entre 2005 et 2050 (SNBC, 2018)

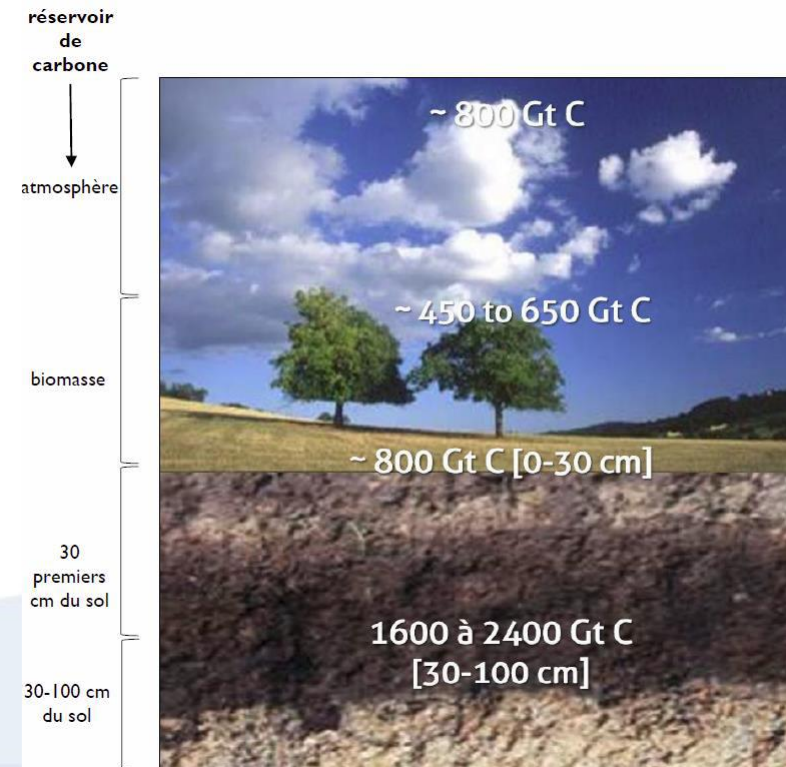
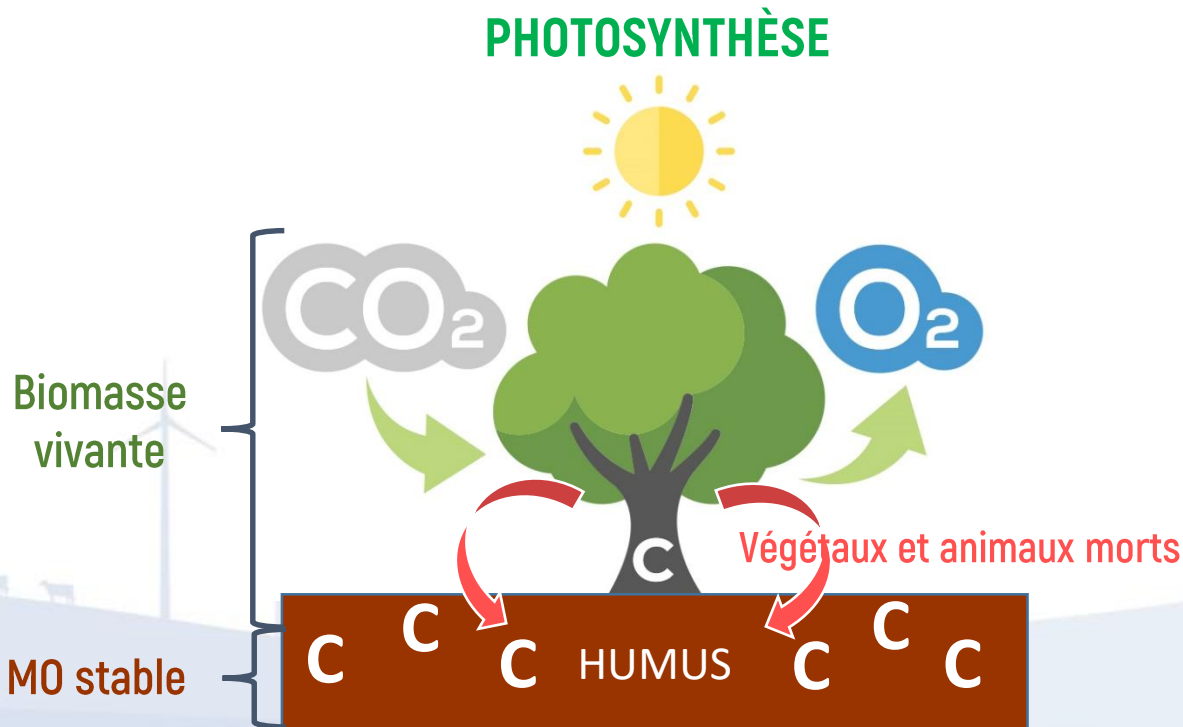
**Solution n°2 :**  
Retirer du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère en séquestrant le carbone

# Que faire ?

## La séquestration carbone : Quésako ?

### PRINCIPES :

- Valoriser la PHOTOSYNTHÈSE = Processus biochimique par lequel les plantes produisent des molécules carbonées formant :
  - ❖ La biomasse vivante aérienne (**tronc, tige, branches...**) et souterraine (**racines**) des végétaux
  - ❖ La matière organique stable du sol (**humus**)
- Favoriser ce processus de captation et de stockage de C. par les SOCIO-ÉCOSYSTÈMES (forêts, espaces agricoles, ZH, EV urbains)



Les sols et la biomasse représentent un stock de carbone plus important que ce que contient l'atmosphère

Répartition du carbone organique dans les principaux réservoirs terrestres dans le monde (GIEC, 2013)



# Que faire ?

## La séquestration carbone : Quésako ?

### AVANTAGES de la séquestration carbone via les SOCIO-ÉCOSYSTÈMES

=> Une Solution fondée sur la nature

- 1) Sans regret
- 2) Bon marché
- 3) « MULTI-SERVICES » → permet de répondre à d'autres enjeux pour les territoires

Préservation et/ou restauration de la biodiversité et donc de la fonctionnalité des socio-écosystèmes « moteur » de la production des SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

Production de biomasse  
locale (matières et  
énergie)

Épuration de  
l'eau

Régulation des débits d'eau  
et des risques d'inondations

Renforcement de la  
résilience des territoires

Amélioration de la fertilité  
des sols

Amélioration de la qualité de l'air

Régulation des phénomènes d'îlots  
de chaleur et de sécheresse

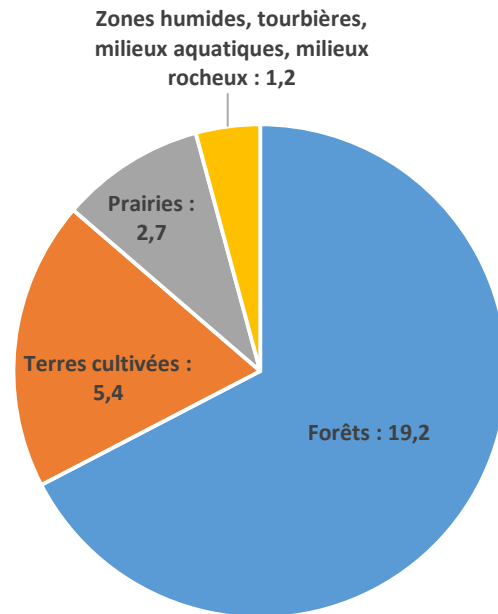
Identité culturelle du  
territoire

Qualité des paysages et  
du cadre de vie

# La séquestration carbone

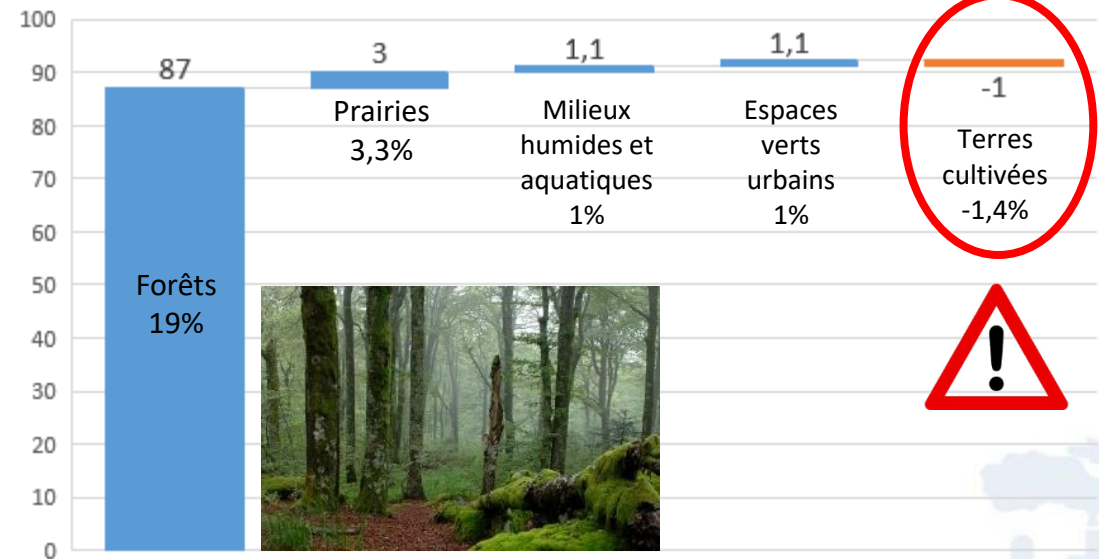
## Stocks et flux dans les écosystèmes français

### Stocks de carbone (biomasse + sol) en Gt CO<sub>2</sub> eq



Les écosystèmes stockent 28,5 Gt CO<sub>2</sub> eq  
dont  
25 % dans les sols

### Flux de carbone (biomasse + sol) en Mt CO<sub>2</sub> eq



Les écosystèmes ont séquestré 20 % des émissions annuelles de CO<sub>2</sub> en 2013

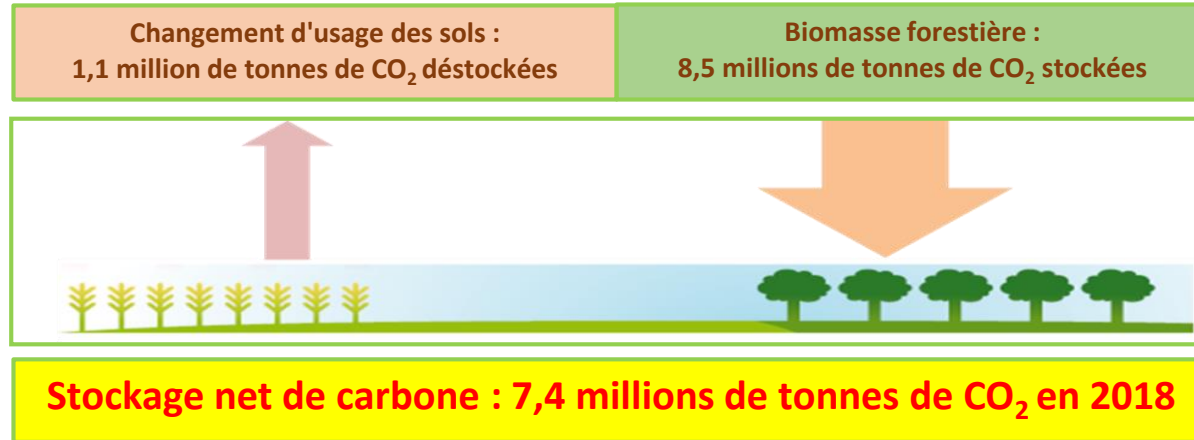
→ 91 sur 457 MtCO<sub>2</sub>eq/an émis



# La séquestration carbone

## Stocks et flux en Bourgogne-Franche-Comté

### FLUX & CAPTATION



- ❖ Flux et captation nette de C. en 2018 :
  - ⇒ La forêt et les sols ont stockés **7,4 MtCO<sub>2</sub>eq**
  - ⇒ soit **30%** des **émissions annuelles** eq. CO<sub>2</sub> de BFC (24,5 MtCO<sub>2</sub>eq émis)
  - ⇒ **Emissions nettes de la BFC : 17 MtCO<sub>2</sub>eq**  
=> Solution de réduction

### STOCK EN PLACE



- ❖ Stock de C. en 2018 :
  - ⇒ **1,79 GtCO<sub>2</sub>eq** dans sols et forêts
  - ⇒ **2 fois plus** de carbone dans les **sols** que dans les arbres

Source : Alterre  
Changement d'usage des sols : moyenne annuelle entre 1998 et 2018  
Biomasse forestière : campagnes d'inventaire entre 2014 et 2018

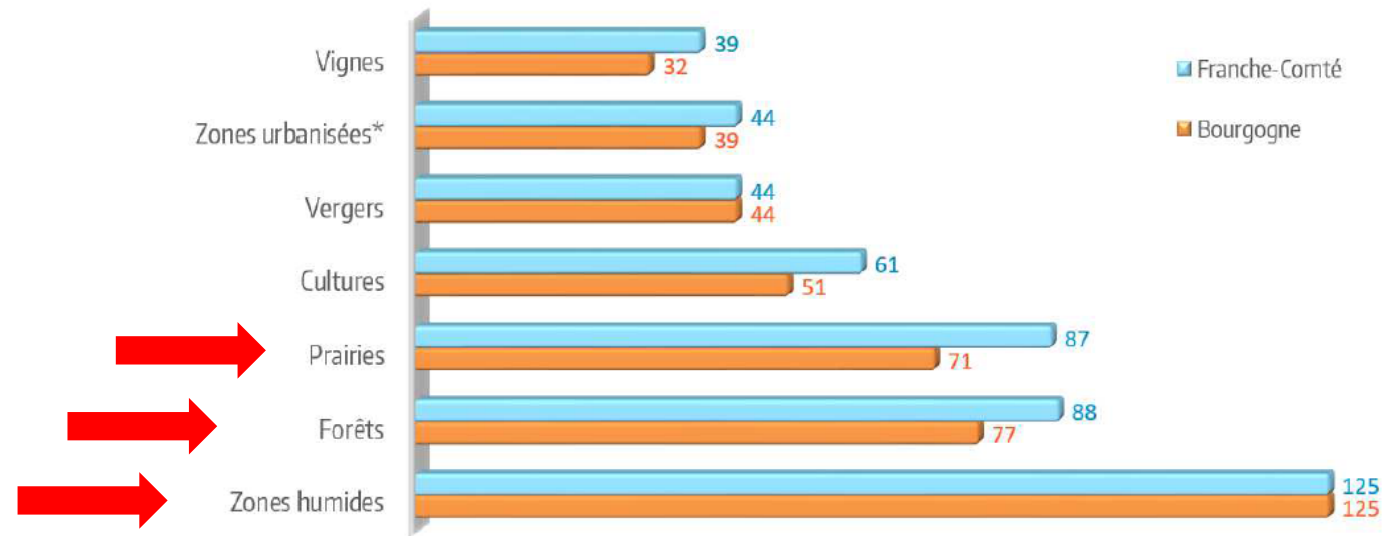
# La séquestration carbone

## Stocks et flux en Bourgogne-Franche-Comté

Les sols représentent 2/3 du carbone stocké sur le territoire de BFC

Chaque sol ne présente pas la même capacité de stockage de carbone, selon l'usage qui en est fait

Potentiel de stockage de carbone des sols de Bourgogne-Franche-Comté  
(en tonnes de carbone par hectare)



\*Les zones urbanisées présentent un potentiel de stockage non nul grâce aux zones « vertes » : parcs, parkings végétalisés...  
Source : CITEPA, d'après INRA INFOSOL, données régionales issues du Réseau de mesure de la qualité des sols

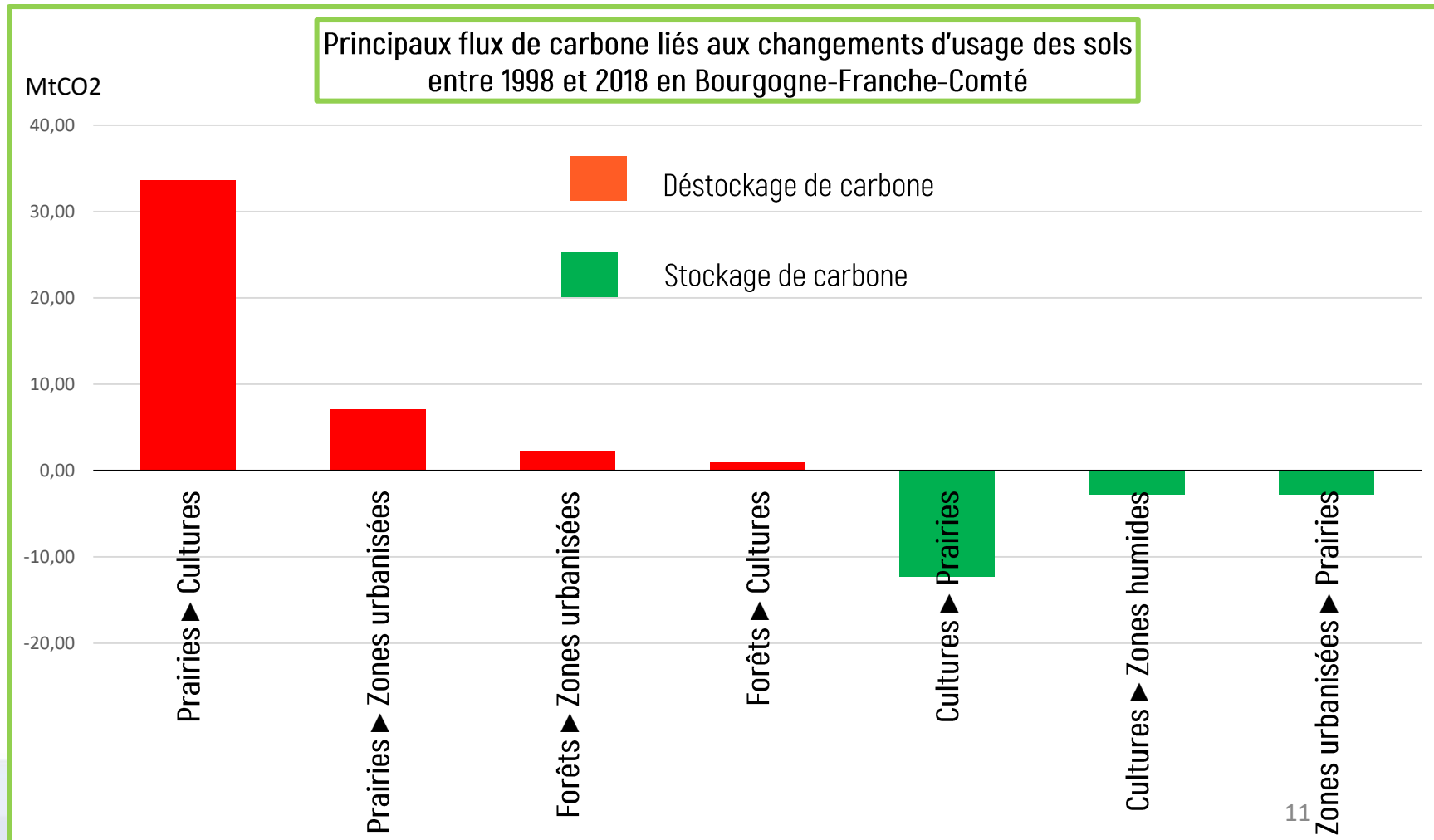
# La séquestration carbone

## Un mécanisme fragile qui peut se « gripper »

La mise en culture de prairies et l'artificialisation des espaces agricoles constituent les deux principaux changements d'usage des sols responsables du déstockage de carbone de ces 20 dernières années.



Entre 2010 et 2018, la BFC a déstocké 2,3 Mt de carbone



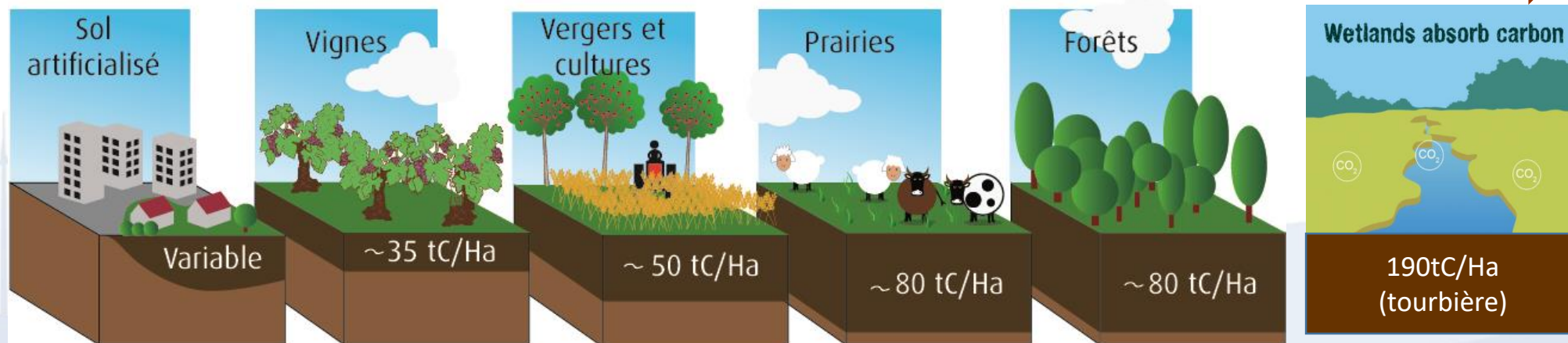
# La séquestration carbone

## Comment agir pour favoriser ce processus ?

En privilégiant les **USAGES DE SOLS** stockant du carbone et les **BONNES PRATIQUES** « captantes et stockantes » (sols et biomasse ligneuse)

- ❖ En **préservant** en priorité contre l'artificialisation : Zones humides > Forêts > Prairies bocagères et Vergers
- ❖ En **restaurant** / aménageant en priorité : Cultures > Vignes > Zones urbaines (friches industrielles, zones d'habitation et commerciale...)
- ❖ En favorisant l'usage des **matériaux biosourcés** stockant durablement du carbone (ex : charpente bois, isolation laine de chanvre, plastiques...)

### SEQUESTRATION



XX

Estimation du stock de carbone dans les trente premiers centimètres du sol

# Sylvain Laplace

Chargé de mission développement forestier  
Communes forestières de Bourgogne Franche-Comté

## ▲ Séquestration carbone et forêt

webinaire du 22 septembre 2020



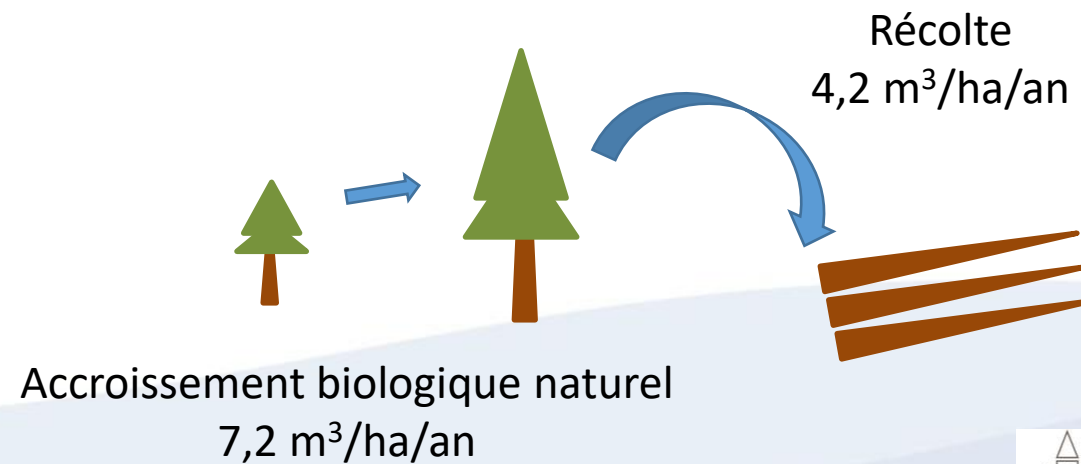
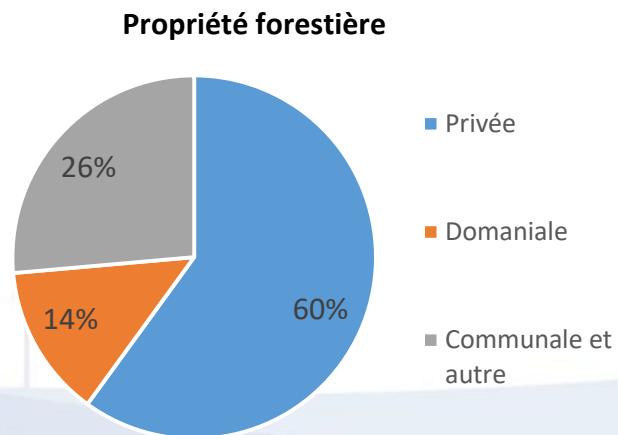
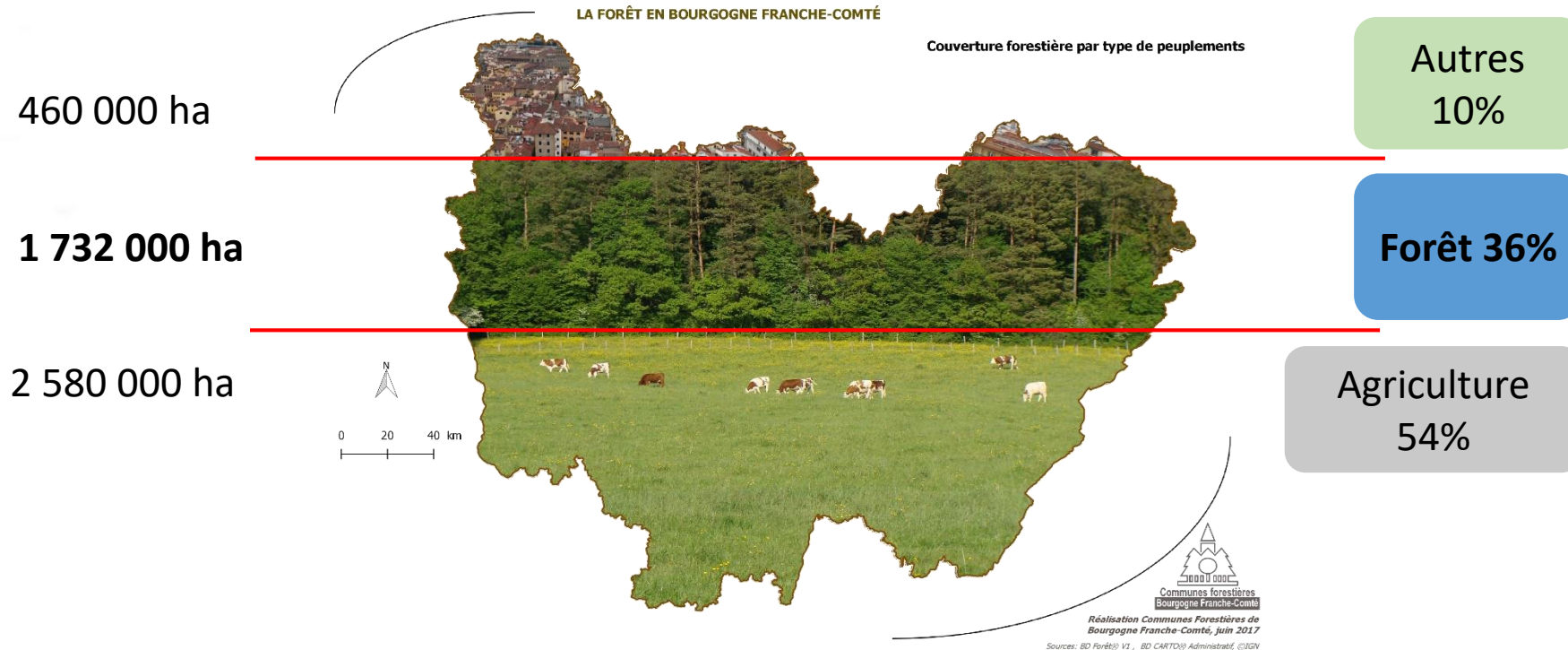
# Séquestration carbone et forêt

webinaire du 22 septembre 2020





# La forêt en Bourgogne Franche-Comté



## Les pratiques sylvicoles permettant de favoriser la séquestration *in situ*

- Sylviculture produisant du [Bois d'œuvre](#)



- Résilience des peuplements aux perturbations
- Restaurer les forêts en impasse sylvicole
- Techniques d'exploitation préservant les sols

Valoriser, promouvoir les bonnes pratiques et la multifonctionnalité en partenariat avec les acteurs/gestionnaires



1. Le respect du choix du propriétaire
2. La gestion forestière est multifonctionnelle

# Les rôles de la forêt et du bois dans les PCAET ?

CAPTAGE DU CO<sub>2</sub> ATMOSPHERIQUE



PHOTOSYNTHESE

SÉQUESTRATION DE CARBONE :

Augmentation des stocks de carbone en forêt et dans les produits bois.



Forêt gérée durablement

Stock de carbone en **forêt** (troncs, branches, racines) et dans les **sols**

PRODUCTION DE BOIS



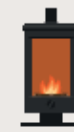
Stock de carbone dans les matériaux de bois d'œuvre et bois d'industrie



Bois d'œuvre



Bois d'industrie



Bois énergie

Levier fort des territoires

Hiérarchie des **USAGES DU BOIS**



# Prolongement du stockage de carbone dans les produits bois



*Halle d'Anost (71)*



*Médiathèque à Jussey (70)*



Guide méthodologique

[www.coforbfc.fr](http://www.coforbfc.fr)

CONSTRUCTION ET RÉNOVATION  
PUBLIQUE EN BOIS LOCAL



*Groupe scolaire d'Amancey (25)*

# Tendre vers l'autonomie énergétique en substituant le bois aux autres énergies

# Structuration d'une filière bois-énergie en Pays de Seine et Tille

- Pays doté d'une Charte Forestière Territoriale
- Volonté d'aller vers du bois-énergie
- La CC Forêts, Seine et Suzon s'est dotée de la compétence distribution de chaleur,
- Investissement dans des chaufferies pour les communes, ainsi qu'une plateforme de stockage



- **9 chaufferies** alimentées par la plateforme
- Le bois provient des communes alentours
- La CC vend de la chaleur aux communes
- Employé de la CC se charge de l'entretien et l'approvisionnement en combustible des silos.



~~Dépendance énergétique~~

**Nouveau débouché pour  
des produits bois**

Emploi dans la CC conforté



# Conclusion

- Pour lutter contre le réchauffement climatique, les territoires peuvent agir en **valorisant l'ensemble des leviers carbone** :
  - Séquestration en forêt,
  - Stockage dans les produits bois,
  - Substitutions matériaux et énergétique
- Les **sylvicultures de peuplements résilients à vocation de production de bois d'œuvre** sont à favoriser
- Les territoires peuvent stocker du carbone et substituer des matériaux et énergies au bilan carbone moins intéressant en **utilisant du bois local dans la construction ou rénovation publique, et en tant que combustible renouvelable** dans des chaudières et réseaux de chaleurs.



# Merci pour votre attention !

Contact



Communes forestières  
de Bourgogne Franche-Comté  
03.81.41.26.44

# Catherine Hénault

Directrice de recherches  
INRAE Bourgogne-Franche-Comté  
UMR AgroEcologie

▲ Comprendre en quoi les agroécosystèmes du territoire peuvent contribuer au stockage du carbone

webinaire du 22 septembre 2020



Comprendre en quoi  
les agroécosystèmes du territoire  
➤ peuvent contribuer au stockage du carbone et  
identifier les principaux modes de gestion  
favorables et défavorables

Catherine Hénault

Directrice de Recherches INRAE – UMR AgroEcologie

Coordinatrice du Projet NatAdGES

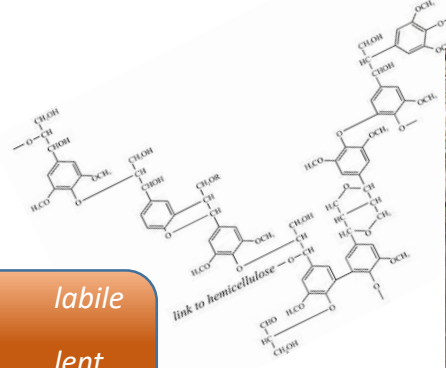
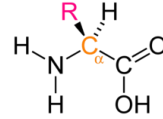


# Les Matières Organiques dans les sols, de quoi parle-t-on ?

- Elles représentent **environ 1 – 5 %** de la matière contenue dans les sols, avec une grande variabilité de ce taux

## - Molécules

- de taille, de structure, de composition, d'origine et de devenir **très divers**
- ayant en commun d'être construites autour d'un **squelette carboné** (~ 55 – 60 %).



labile

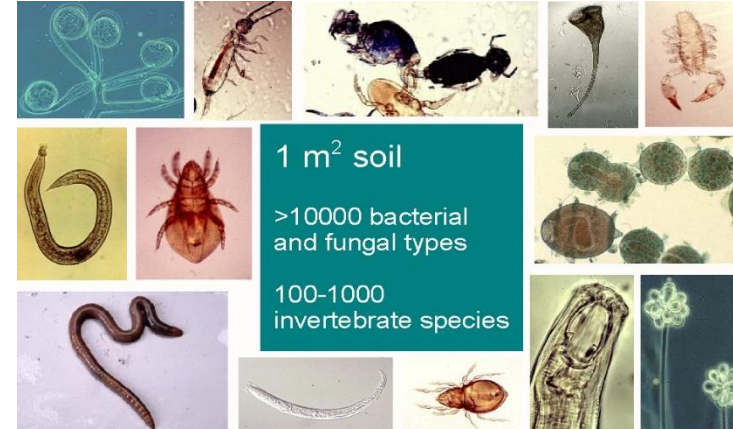
lent

stable



## - Ce sont des molécules **en interaction avec le monde vivant**

- Elles en sont issues
- Elles le constituent
- Elles constituent une ressource énergétique et nutritive



## - Elles sont aussi **en interaction physique avec la matière minérale** des sols



aggrégat avec des particules d'illites autour d'une colonie bactérienne en décomposition (Feller et Chenu, 2012)



# Quels sont les bénéfices engendrés par la présence de MO dans les sols ?

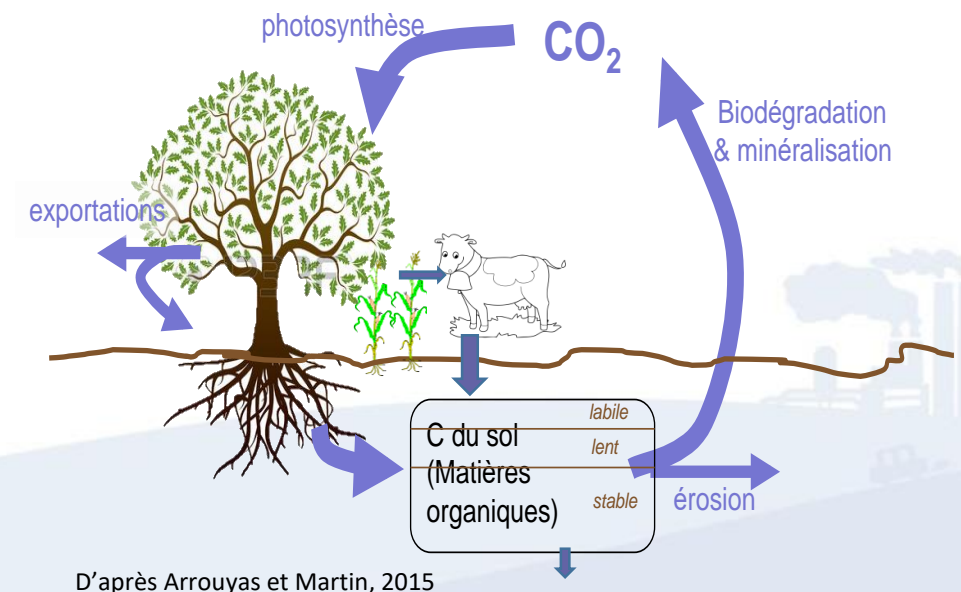


## 2. REGULATION DU CLIMAT

- Echanges permanents « entrée / sortie » de C entre le sol et l'atmosphère

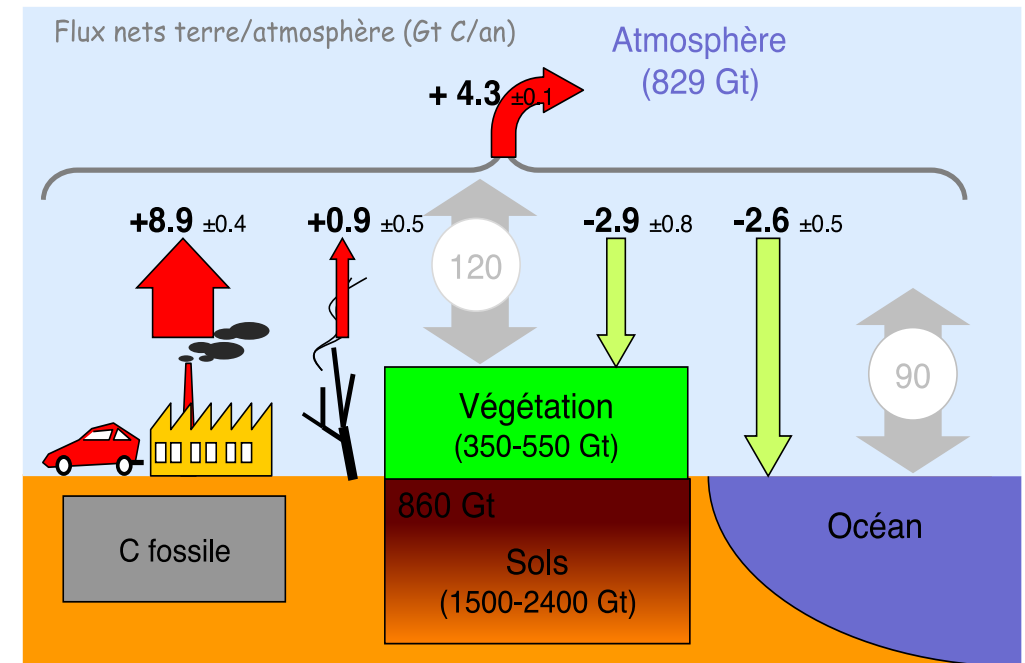
## 1. SECURITE ALIMENTAIRE

- Déterminant de la **fertilité** et de la **qualité** des sols
- Adaptation au changement climatique (Liu et al. 2013, Verhuslt et al. 2011)



# Pourquoi le stockage du carbone dans les sols est envisagé comme levier pour réguler le climat ?

- Beaucoup plus de carbone dans le **compartiment terrestre** que dans le compartiment atmosphérique
- La **photosynthèse** fonctionne très largement (vs fixation symbiotique de l'azote)
- Il existe des **formes stables** du carbone



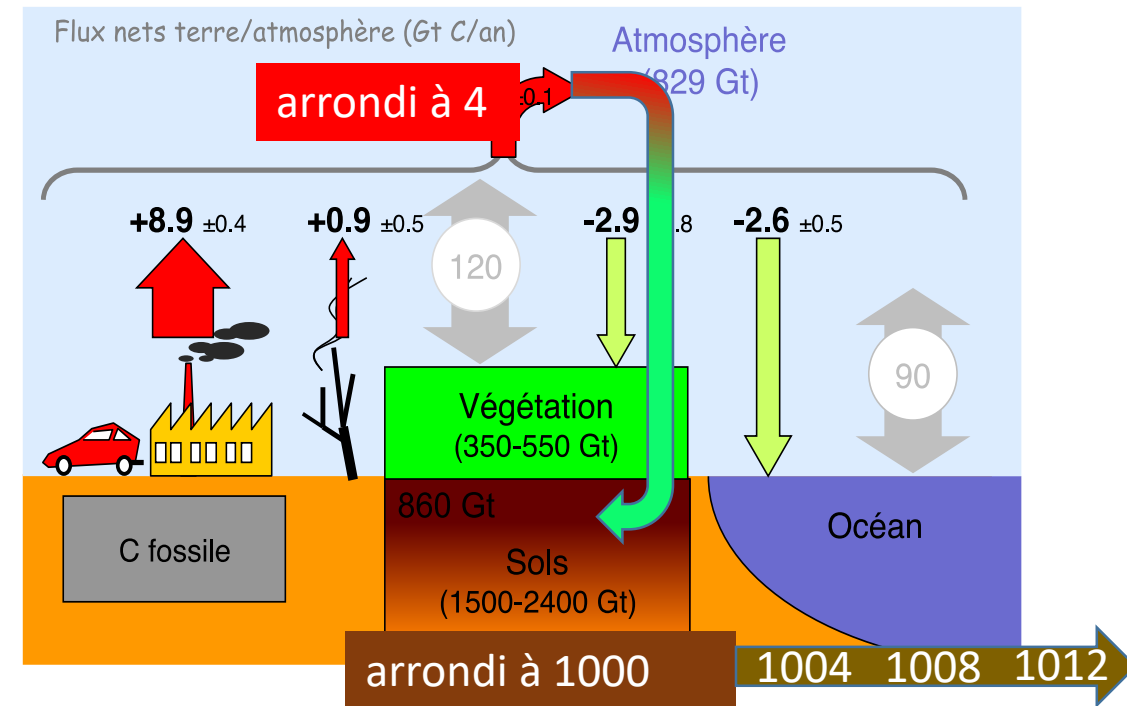
Valeurs moyennes pour 2004-2013 (Le Quéré et al., 2014)

Dessin d'après Balesdent 1996



# Pourquoi le stockage du carbone dans les sols est envisagé comme levier pour réguler le climat ?

- Beaucoup plus de carbone dans le **compartiment terrestre** que dans le compartiment atmosphérique
- La **photosynthèse** fonctionne très largement (vs fixation symbiotique de l'azote)
- Il existe des **formes stables** du carbone

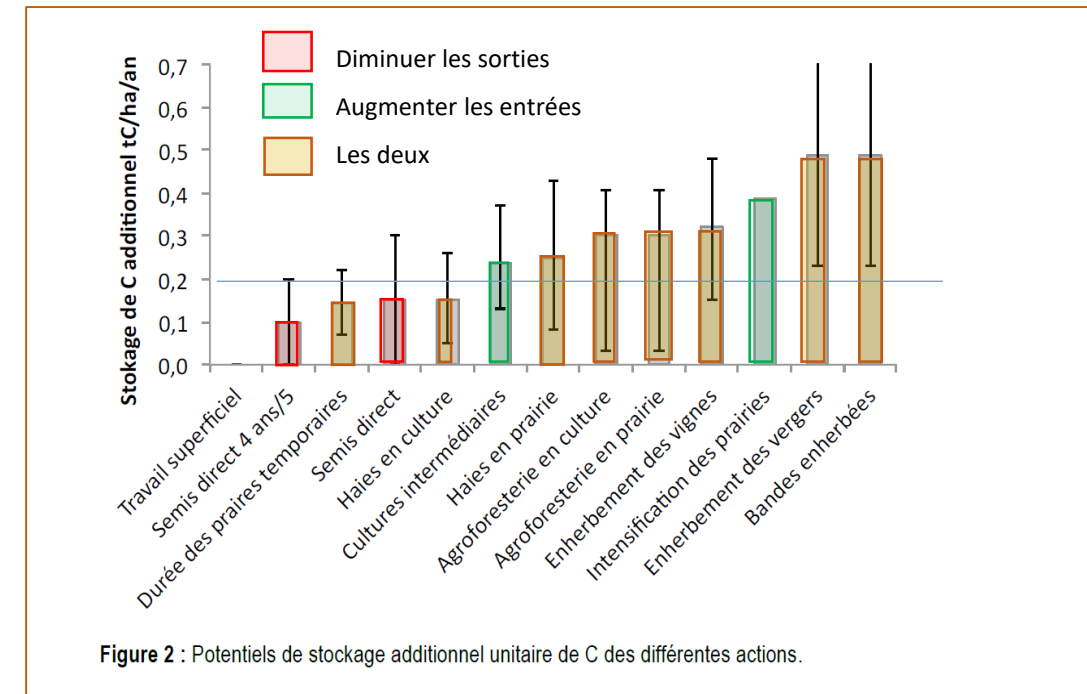
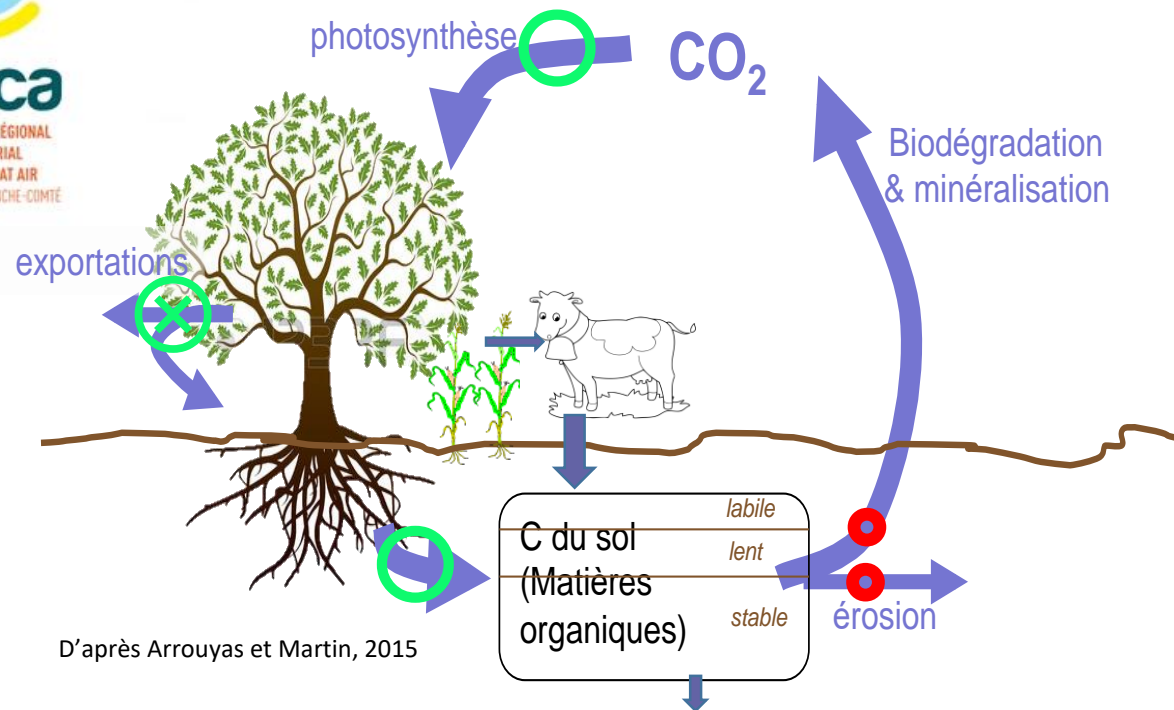


Valeurs moyennes pour 2004-2013 (Le Quéré et al., 2014)

Dessin d'après Balesdent 1996

→ Une augmentation annuelle de 4 % du stock de C organique des sols mondiaux compenserait globalement l'augmentation annuelle de C dans l'atmosphère

# ➤ Comment augmenter les stocks de MO dans les sols (principes) ?



D'après Chenu et al., 2014

## Les facteurs de variation du stockage de carbone

- Le stock de carbone initial
- La séquence de culture
- La texture et le pH du sol
- Le climat

Apport de biomasse rapidement bio-assimilable

⇒ un stockage additionnel

Intérêt des composés carbonés qui proviennent des racines et des composés microbiens qui alimentent le pool « stable »

## ➤ Les limites du stockage de Carbone

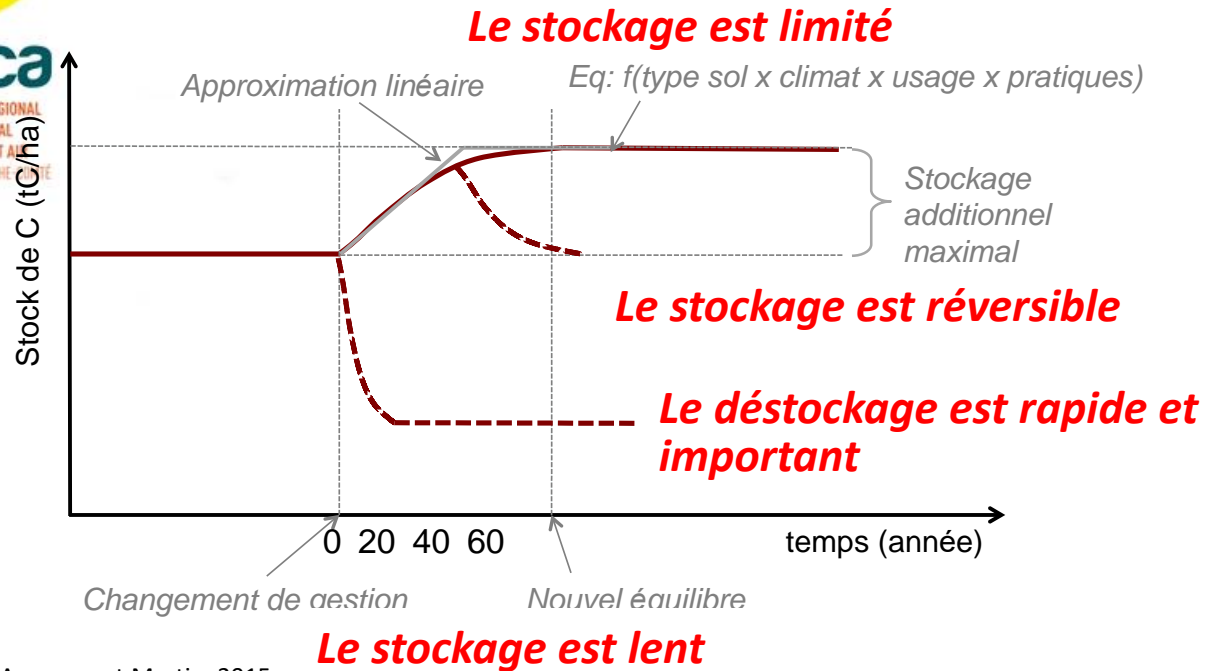


Illustration Arrouyas et Martin, 2015

- Le stockage du carbone implique **un stockage concomitant d'azote**
- Les apports de MO peuvent induire une augmentation de la minéralisation du carbone (émissions  $\text{CO}_2$ ) et des émissions du **gaz à effet de serre azoté  $\text{N}_2\text{O}$**

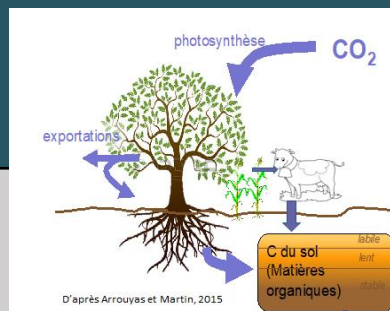
## ➤ Les écueils à éviter lors de l'application de pratiques stockantes

- Le déstockage du carbone
- Les émissions du gaz à effet de serre  $\text{N}_2\text{O}$
- Une mauvaise gestion des dynamiques couplées / découplées des éléments C et N pouvant impacter les cultures et l'environnement



# Quelles pratiques agricoles sont considérées « stockantes » et avec quel potentiel de stockage ?

— pratiques retenues dans le LBCGC – Données (potentiel de stockage, cout pour l'agric.) issues de l'étude 4pour1000 (Pellerin et al., 2019)



Pratiques	Contribution au potentiel national	Potentiel de stockage (moyenne nationale) kg C ha <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup>		Cout pour l'agriculteur	Rémunération estimée – LBC (hyp 35 € / t CO <sub>2</sub> )
		Littérature	Calculs propres	€ ha <sup>-1</sup>	
Insertion ou allongement des <b>cultures intermédiaires</b>	35 %	313 ± 313	<b>126 ± 93</b>	39	20
Insertion et allongement du temps de présence des <b>prairies temporaires</b>	13 %		466 ± 160 insertion de 3 années de PT / Maïs fourrage <b>114</b>	91	60
Mobilisation et apport au sol de nouvelles <b>ressources organiques</b>			247 ± 160 / <b>59</b> selon la méthodologie de calcul	-51	31
Développement de l' <b>agroforesterie</b> intra-parcellaire	19 %	250	<b>207</b>	118	27
Plantation de <b>haies</b>		750 (ha haie)	<b>20</b>	73	3
<b>Enherbement</b> permanent des inter-rangs en vignoble		500	<b>182</b>	-26	31

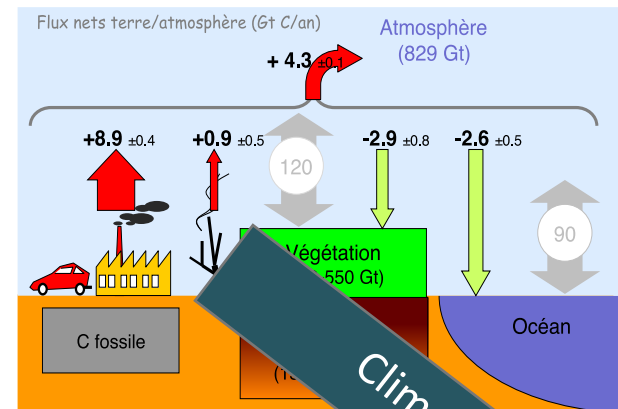
XX : valeurs retenues dans l'analyse transversale de l'étude

# Conclusions



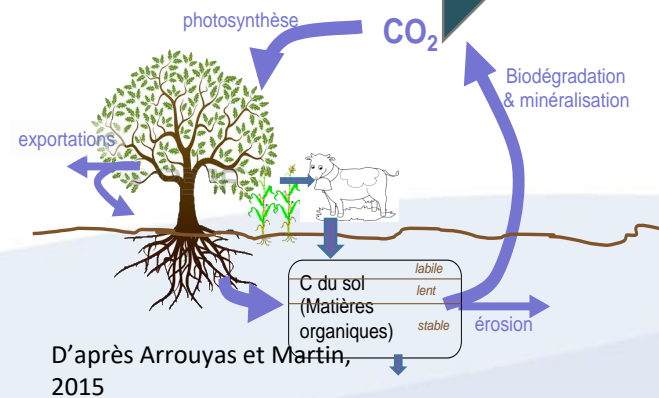
Sécurité alimentaire

G  
e  
s  
t  
i  
o  
n  
  
M  
O



Climat

Climat



## Pour en savoir plus .... / Références mobilisées

Pellerin et al. 2019. Stocker du carbone dans les sols français, Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? Synthèse du rapport d'étude INRA (France), 114 p.

Chenu C. et al. 2014. Stocker du carbone dans les sols agricoles : évaluation de leviers d'action pour la France, Innovations Agronomiques, 37 : 23-37.

Derrien D. et al. 2016, Stocker du C dans les sols : Quels mécanismes, quelles pratiques agricoles, quels indicateurs . Etudes et Gestion des sols, 23 : 193 – 223.

[https://www.youtube.com/watch?v=nHGQge9\\_7GM](https://www.youtube.com/watch?v=nHGQge9_7GM) (Claire Chenu / Stocker du carbone dans les sols)

<https://www.ecologie.gouv.fr/label-bas-carbone>

<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/M%C3%A9thode%20%C3%A9levages%20bovins%20et%20grandes%20cultures%20%28Carbon%20Agri%29.pdf>

Arrouays D., Martin M. Le carbone organique des sols et le climat. Diaporama mis à disposition par courtoisie.



# Daniel Gilbert

Professeur en écologie

UMR Chrono-Environnement

Université de Franche-Comté

▲ Pratiques favorables à la séquestration de carbone  
en milieux humides

webinaire du 22 septembre 2020



# Pratiques favorables à la séquestration de carbone en milieux humides



Daniel GILBERT  
Professeur

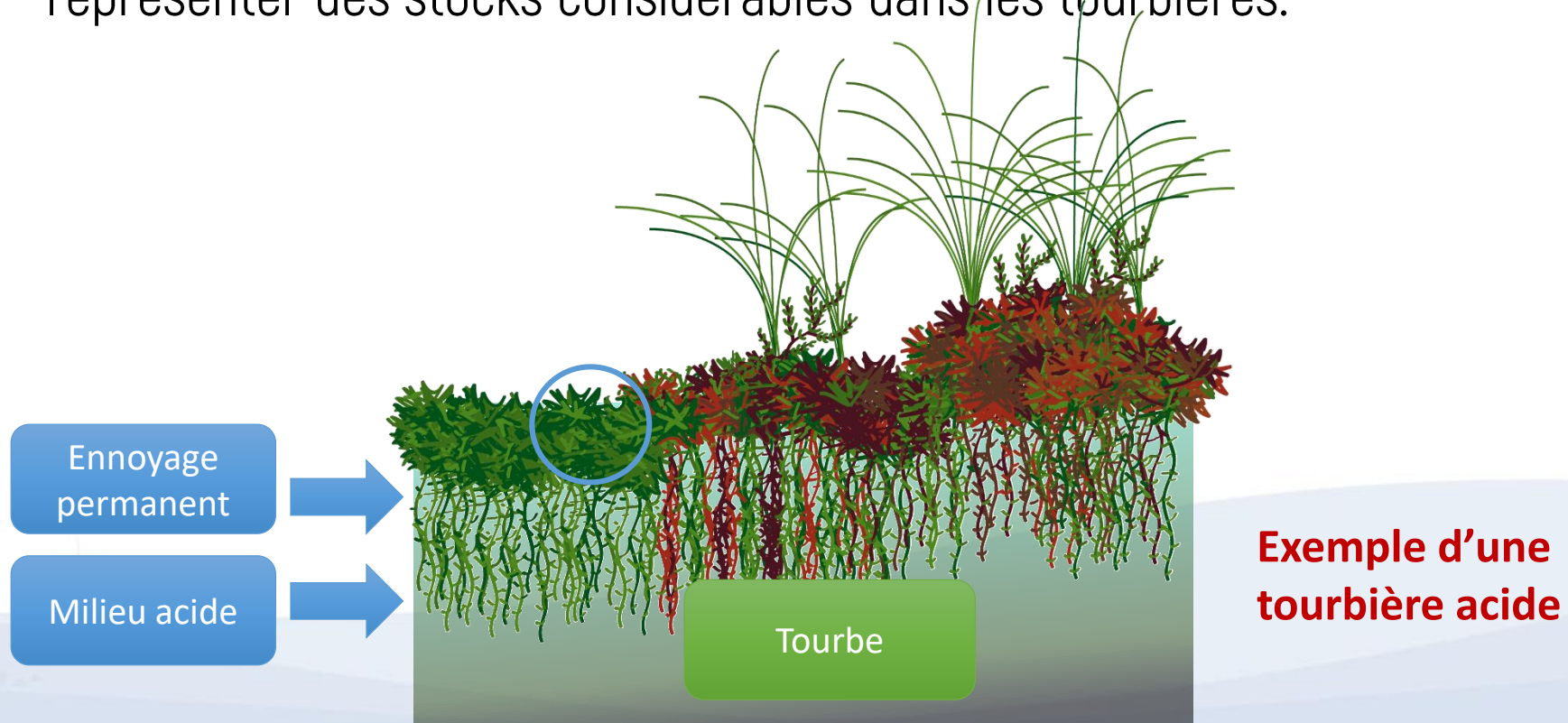
**UNIVERSITÉ DE  
FRANCHE-COMTÉ**

**CHRONO  
ENVIRONNEMENT**



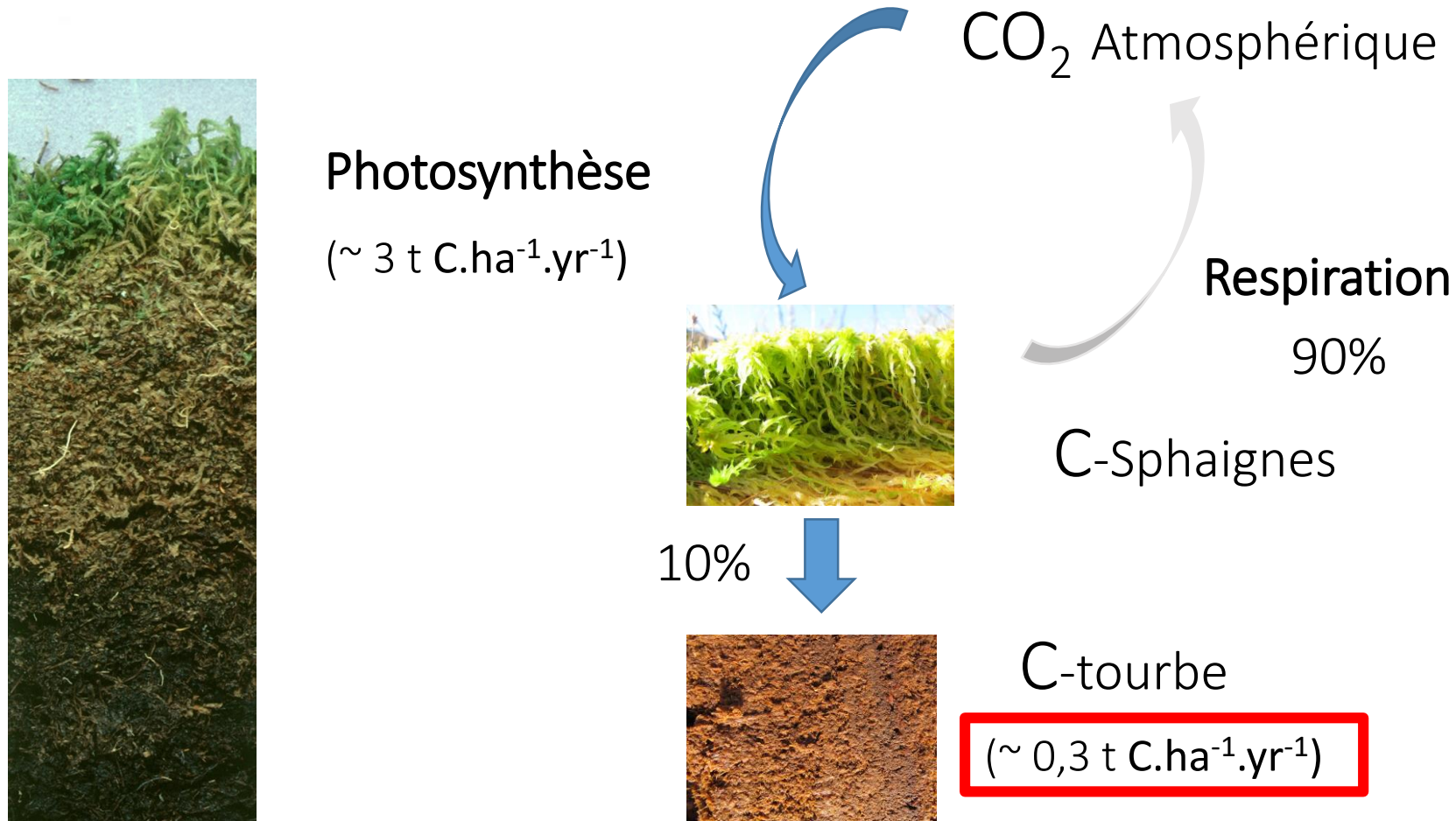
# Des accumulateurs de carbone

- Les zones humides sont des milieux où la stagnation de l'eau entraîne une limitation de la décomposition de la matière organique par les microorganismes.
- Cela favorise l'accumulation de carbone organique qui peut représenter des stocks considérables dans les tourbières.





# Les tourbières, des puits naturels de CO<sub>2</sub> ...



- Les tourbières occupent environ 3% de la surface des terres émergées  
MAIS stockent  $\approx 300\text{-}500$  Gt de C  $\approx 25\text{-}30\%$  du C total des sols mondiaux  
= 37-50% du CO<sub>2</sub> atmosphérique

# Une priorité : préserver les stocks existants



- Du point de vue du réchauffement climatique, le rôle des tourbières ne se situe pas dans la fixation **ACTUELLE** du carbone, mais dans le **STOCK** déjà conservé
- L'enjeu climatique est la préservation de la tourbe existante, dans les tourbières non perturbées et dans les tourbières très dégradées





# Préserver le carbone des sols : une priorité

Au sein du secteur de l'usage des terres (LULUCF), la restauration des sols organique apparaît comme l'un des moyen-coûts le plus efficace pour atténuer le changement climatique, les tourbières constituant les stocks les plus importants de SOC (Smith et al, 2008).

*GLOBAL SYMPOSIUM ON SOIL ORGANIC CARBON | 21 - 23 MARCH 2017 | FAO - ROME*

**THEME 3: MANAGING SOC IN SOILS WITH HIGH SOIL ORGANIC CARBON (SOC) : PEATLANDS, PERMAFROST AND BLACK SOILS ...**

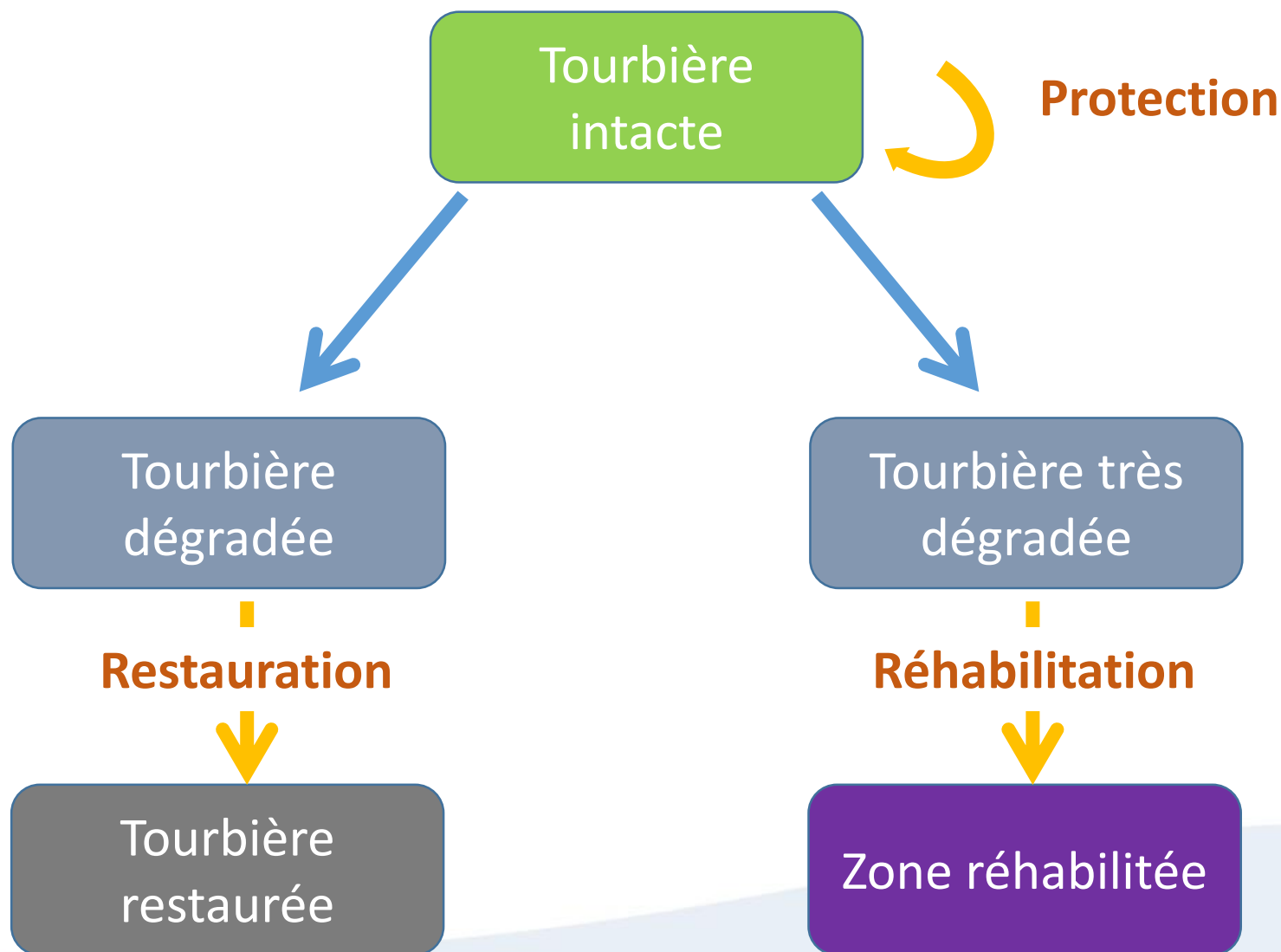
## **Recommendation 6:**

Prevent SOC losses by maintaining current SOC stocks (...)

## **Recommendation 7:**

Prioritize soils with the highest carbon stocks in the development of national and regional policies on soil conservation to prevent SOC losses (...)

# Protéger, restaurer, réhabiliter ?



→ pas/peu de modification  
du bilan d'émission des GHG  
(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)



**Protection**

Tourbière  
dégradée

**Restauration**



Tourbière très  
dégradée

**Réhabilitation**



→ modification du bilan d'émission des GHG (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)

# Restaurer les tourbières, Quel bilan d'émission ?

Une tourbière = 700 tonnes de CO<sub>2</sub>-eq/hectare/mètre de profondeur

Changes in GHG flux ( $\Delta$ GHG) following peat rewetting	$\Delta$ GHG
Cropland to re-wetted fen	–27.26
Grassland on fen (deep-drained) to re-wetted fen	–20.13
Grassland on bog to re-wetted bog	–20.33
Drained blanket bog to intact blanket bog	–5.03
Eroding blanket bog to intact blanket bog	–31.40

Resulting net GHG balance (based on 100 year global warming potentials of 25 for CH<sub>4</sub> and 298 for N<sub>2</sub>O) (all fluxes expressed as t CO<sub>2</sub>-eq ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) Bonn et al, 2014, Ecosystem services.

*Plus une tourbière est dégradée, plus il est efficace de la restaurer  
en termes d'émissions de GES*



# Merci de votre attention





# Pour en savoir plus



- [www.oreca-bfc.fr](http://www.oreca-bfc.fr) : replay à disposition, ressources et productions de l'ORECA
- [www.territoires-climat.ademe.fr](http://www.territoires-climat.ademe.fr) : outil Aldo pour une première estimation de la séquestration carbone dans les sols et la biomasse à l'échelle d'un EPCI
- [www.communesforestieres-bourgognefranchecomte.fr](http://www.communesforestieres-bourgognefranchecomte.fr)
- <https://www6.inrae.fr/isite-agroecologie-bfc/>
- <https://chrono-environnement.univ-fcomte.fr/>

ORECA EST PILOTÉ PAR

AVEC LE  
SOUTIEN  
DU FEDER

COORDONNÉ PAR ALTERRE  
EN PARTENARIAT AVEC ATMO  
BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

ORECA S'APPUIE  
SUR LA PLATEFORME  
OPTER

AVEC LE  
PARTENARIAT  
SCIENTIFIQUE DE